西北农业学报 2006, 15(2): 96~99
Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica

小麦持久抗条锈病品种的定量判别研究

董 云[1,2], 尚勋武[2*], 周祥椿[3], 殷学贵[2], 谢 鸣[4]
(1. 甘肃省农科院, 甘肃兰州 730070; 2. 甘肃农业大学, 甘肃兰州 730070;
3. 兰州商业学院, 甘肃兰州 730020; 4. 天水农业学校, 甘肃清水 741400)

摘 要: 对甘肃省陇南地区多年种植没有丧失抗病性和已丧失抗病性的 9 个品种进行了田间成株期条锈病发生情况及特点的比较研究, 测定了潜育期、普遍率、严重度、病情指数和侵染机率等抗性组分。结果表明, 持久抗性品种与感病品种的抗性组分大不相同。运用 DPS 统计软件依上述抗性组分对试验材料进行了聚类分析, 初步建立了判断小麦持久抗条锈性品种的判别函数, 其回判结果符合率 100%, 表明利用抗性组分在成株期进行持久抗性品种的鉴定是可行的。

关键词: 小麦; 品种; 条锈病; 持久抗性
中图分类号: S435.121.4+2 文献标识码: A 文章编号: 1004-1389(2006)02-0096-04

Study on the Rational Judgment of Durable Resistance Wheat Cultivars against Stripe Rust

DONG Yun[1,2], SHANG Xun-wu[2*], ZHOU Xiang-chun[3], YIN Xue-gui[2] and XIE Ming[4]
(1. Gansu Academy of Agriculture Science, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Gansu Agriculture University, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. Lanzhou Commercial College, Lanzhou Gansu 730020, China; 4. Tianshui Agriculture School, Qingshui Gansu 741400, China)

Abstract: The disease development regulation of wheat that durably resistant to stripe rust was researched in Longnan, Gansu. 9 cultivars which have been planted for many years were compared in characteristics of disease development in adult plant stage of the field, among them some without losing resistance to stripe rust while others losing resistance to stripe rust. Latent period, prevalence, severity, disease index and infection frequency are all tested. The results showed that durable resistant cultivars differ from susceptible cultivars in their resistant components. Cluster analysis depended on the resistant components was done by digital process system for the materials tested and the judge function was preliminarily established with their fit rates as 100% for judgment of durable resistance wheat cultivars against stripe rust, showing that identifying durable resistant cultivars at adult stage is feasible.

Key words: Wheat; Cultivars; Stripe rust; Durable resistance

小麦条锈病是由 *Puccinia strriformis* Westend *f. sp. tritici* 引起的世界性的重要病害之一, 是限制小麦生产的重要生物因素之一, 曾多次大流行并造成巨大损失[1]。利用小麦抗病品种是病害防治的首要措施, 由于条锈病生理小种变异频繁, 生产上抗病品种一般 3~5 a 便丧失抗病性[2]。自 1949 年以来先后出现 8 次品种抗性丧失[3], 因而, 具有小种专化性的抗病性丧失问题已经成为小麦条锈病防治中所面临的难题。20 世纪 70 年代, R. Johnson 等提出了"持久抗性"的概

* 收稿日期: 2005-07-12 修回日期: 2005-11-12
基金项目: 国家 863 计划现代农业课题资助(2001AA241036)。
作者简介: 董 云(1978-), 男, 甘肃安定区人, 主要研究方向为油菜遗传育种。
* 通讯作者: 尚勋武, 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为小麦遗传育种。

念[4], 设想利用多种多样的抗病性, 如慢锈性、高温敏感抗性、水平抗性等以减轻选择压力、相对稳定小种变异速度, 延长品种使用年限。小麦持久抗条锈品种成株期一般表现为感病反应型, 田间病情消长很慢且轻, 侵染机率低, 病斑面积小, 低普遍率, 低严重度, 低病情指数, 潜育期长等特点, 但是依这些特点并不能快速有效地判断小麦品种是否为持久抗病品种, 因此持久抗性品种的选育和筛选较为困难。袁文焕等[5] 利用多年研究经验对慢锈性的划分及影响慢锈性的因素进行分析, 总结出一套简单、实用的鉴定慢锈性品种的方法; 王保通等[6] 通过成株期的潜育期、病情指数和千粒重进行相关分析和品种聚类分析, 建立了 5 个判别函数, 依此来判断慢锈性品种; 马青等[7] 依潜伏期、产孢强度、孢子堆密度和孢子堆大小等抗性组分对慢锈性和高温抗锈性品种进行了划分, 并建立了判别函数式。

甘肃陇南是我国小麦条锈病的常发易变区和新小种的主要策源地, 我国条锈菌小种 80%以上都是在这一带首先发现或聚集起来的, 尔后才蔓延到我国广大麦区。在该区域研究、选育和种植具有持久抗病性特点的小麦品种, 对我国小麦条锈病的控制具有战略意义。

在前人研究的基础上, 对甘肃陇南抗条锈性上分属不同类型的代表性品种(包括持久抗性品种、慢条锈品种、高温抗性品种、快锈品种等)进行了成株期发病情况的比较研究, 建立了判别函数, 尝试进行持久抗病性的定量判别, 期望为持久抗条锈性品种的选育和鉴定提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　供试材料

供试品种为 Libellula、N. Strampelli、咸农 4 号、兰天 1 号、清农 1 号、清农 3 号、天选 15; 另加高度快锈品种幅 63、辉县红作对照。这 9 个品种由兰州农业学校和天水农业学校提供。

Libellula, N. Strampelli 在 20 世纪 70 年代从意大利引进, 锈菌越冬区及越夏区都有种植, 长期保持了稳定的抗锈性; 咸农 4 号是武山县群众上世纪 70 年代初从外地引进种植, 其原产地不详, 一直保持耐锈性; 天选 15 是天水地区农科所甘谷试验站 1969 年育成, 对条锈病原为免疫, 1975 年开始随着生理小种的改变, 抗性逐渐降低, 但是由于早熟, 有逃避条锈病的作用, 对产量影响不大; 清农 1 号、清农 3 号在上世纪 80 年代初由天水农校育成, 分别种植于锈菌越冬区和越夏区, 皆为垂直抗性品种; 兰天 1 号于 1984 年由兰州农校育成, 种植在锈菌越冬区, 属高温抗性品种。各品种基本情况见表 1[根据文献(王乐凤等, 1994; 乔奇等, 2002; 甘肃省农科院经作所, 1988)整理] 。

供试菌种为水源 11、02-4-53、02-26-26、02-04-29 和混合菌, 由甘肃省农科院植保所提供。保护区喷施山东神星农药有限公司生产的 20%三唑酮乳油 1000 倍液。

表 1　参试品种在陇南的基本情况

Table 1　Background of 10 wheat cultivars grew in the southern region of Gansu

品种 Cultivar	所含抗条锈基因 Gene for resistance to stripe rust	育成或引进时间 Year of breeding or introducing	抗性丧失时间 Year of losing resistance	曾种植最大面积 /hm² Growing area	育成或引进时的抗性表现 Response to stripe rust by the time of release
Libellula	Yr_3 *	1974	–	22700	中抗至中感
N. Strampelli	*	1974	–	18000	中抗至中感
咸农 4 号	Yr_7 *	1975	–	53000	耐病
兰天 1 号	Yr_9 *	1984	1987	23000	免疫
天选 15	*	1969	1979	28000	免疫
清农 1 号	*	1981	1994	8000	免疫
清农 3 号	Yr9	1983	1988	20000	免疫
幅 63	*				高感
辉县红	*				高感

* 表示不清楚, – 表示抗性至现在没丧失。“ *” indicates unknown genes, “ –” indicates without losing resistance to stripe rust.

1.2　试验方法

试验地点及设计方案　本研究在位于陇南地区清水县境内的天水农业学校实习农场进行。陇南在甘肃省南部, 年平均气温 5～15 ℃, 年平均降水量 400～1 000 mm, 海拔 800～2 400 m。试验地为土壤肥力较高的河谷川地, 海拔 1 370 m, 前茬为小麦。9 份小麦品种于 2002 年 10 月上旬播种, 2003 年 7 月份收获。田间试验采取随机区组

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

设计，2 次重复，每重复每品种对应种植两次，分别作为接种发病区和喷药保护区。每个品种每小区种 5 行，行长 1 m，行距 20 cm，小区面积 1 m^2。每材料间空 1 行，重复之间、接菌区和发病区之间留 40 cm 走道。开沟点播，每行点 43 粒种子，保护行种植诱发材料辉县红。以过磷酸钙、磷酸氢二氨和农家肥作基肥，施肥量各为 150 kg/hm^2、150 kg/hm^2、37 500～45 000 kg/hm^2。

翌年 4 月底，绝大部分小麦品种旗叶抽出时，按条锈菌常规接菌法，选择夜晚气温在 10 ℃以下且能结露的傍晚（4 月 30 日）对发病区品种喷雾接种，用塑料布覆盖保湿一个晚上，次日揭去塑料布时小麦叶片上结一层白露，说明保湿良好。接菌后第 10 天和第 30 天对保护区喷药，确保此区不发病。返青后，扬花期和第一次接菌后各灌水一次，并追施尿素 225 kg/hm^2。

田间观察记载项目及方法　潜育期：接菌后第 11 天起，每天早晚在接菌区逐品种检查，以各品种顶三叶上有 50%孢子堆破裂日期为准，推算潜育期。普遍率：每品种每重复均匀随机地调查 100 片叶，统计病叶率。每品种发病第 3 天开始调查，每隔两天调查 1 次，直至小麦成熟收获。严重度：每品种每重复均匀随机测 100 片病叶，每片记载病斑面积和叶面积，然后计算每片严重度，统计平均值。发病初个别品种因普遍率低，病叶数因品种而异，尽可能取最多病叶，调查起至时间同普遍率。病情指数：病情指数＝普遍率×病叶平均严重度。侵染机率：在每品种每重复小区内均匀固定统计 20 片叶（挂白牌，并且编号），数每片叶的病斑数，开始发病后第 4 天统计第一次，第 7 天统计第 2 次。

所测定项目的含义及表示单位见表 2。

表 2　所测定项目的含义、表示单位及在抗病性中的作用

Table 2　Mean, unit and role of resistance in the determine item

测定项目 Determine item	含义 Mean	单位 Unit	在抗病性中的作用 Role of resistance
潜育期 Latent period	从接菌到叶片上孢子堆破裂所间隔的天数	d	延长潜育期，减少侵染代数
普遍率 Prevalence	发病叶片占总叶片数的百分比	%	普遍率低，病情指数低
严重度 Severity	病斑面积占发病叶片面积的百分比	%	严重度低，病情指数低
病情指数 Disease index	病情指数＝普遍率×严重度	%	病情指数低，病情轻
侵染机率 Infection frequency	病斑数占总叶片数的百分比	%	减少侵染数量，降低普遍率

数据处理　普遍率增长率是每次调查数据增长的百分数之和与总调查次数的比值；严重度增长率与病情指数增长率依同法计算。

2　结果与分析

2.1　田间表现及抗性组分的差异性

在整个病圃中，对照品种幅 63 和辉县红在接菌后 13～14 d 发病，之后绝大多数品种相继发病，但品种之间潜育期存在较大差异（表 3），潜育期最短的 13～14 d，最长的 19～20 d。但反应型除 Libellula 为 3 型、N. Strampelli 为 2～3 型外，其余品种都为 3～4 型，基本上全属于中度以上感病类型。不同基因型材料在不同时期对条锈菌的侵染所表现出的普遍率、严重度以及病情指数差异均明显，其增长速率见表 3。各品种第二次侵染机率、终期普遍率、终期严重度以及终期病情指数差异显著。

2.2　聚类划分

为了更进一步研究，利用 DPS（digital process system）数据处理系统，对测得的数据（表 3）普遍率增长率、严重度增长率、病情指数增长率、第二次侵染机率、潜育期、终期普遍率、终期严重度、终期病情指数规格化处理后，采用欧氏距离，以离差平方和法进行聚类分析，得到聚类谱系。从图 1 可以看出，当距离为 31.4～62.8 时，供试品种可以分为 3 类：第 1 类为持久抗病类型（Libellula, N. Strampelli）；第 2 类为可能具有持久抗病性品种（兰天 1 号，咸农 4 号）和已丧失抗病性的垂直抗病品种（清农 1 号，清农 3 号，天选 15）的混合类型；第 3 类为高度感病类型（幅 63，辉县红）。可能具有持久抗病性品种类型和已丧失抗病性的垂直抗病品种类型距离较近，主要原因是咸农 4 号和兰天 1 号为一类特殊的抗病材料。咸农 4 号抗病机制属耐病，表现在它和感病品种反应型无较大差别，有些年份甚至严重度和普遍率都很高，而病害的发生对小麦产量影响却较小。兰天 1 号在高温诱导下，抗病性才发生本质的变化，若高温出现迟时，其病情也就会和非持久抗病品种表现一样。

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　小麦品种抗条锈性组分

Table 3　Resistant components of wheat cultivars to *Puccinia striiformis*

品种名称 Cultivar	普遍率增长率 /% Increasing rate of prevalence	严重度增长率 /% Increasing rate of seriety	病情指数增长率 /% Increasing rate of disease index	第二次侵染机率 /% Second infection frequency	潜育期 /d Latent period	终期普遍率 Final prevalence	终期严重度 Final severity	终期病情指数 /% Final disease index
Libellula	1.00	0.050	0.009	2.5c	15.50c	15.0c	0.95c	0.140c
N. Strampelli	0.89	0.004	0.003	5.0c	15.75bc	14.0c	0.25c	0.035c
咸农 4 号	3.90	0.330	0.260	20.0bc	14.50cd	62.0b	6.05c	3.750c
兰天 1 号	6.46	0.610	0.610	17.5bc	17.00b	93.5a	9.20c	8.600c
清农 3 号	6.92	0.330	0.350	25.0c	19.25a	92.0a	5.00c	4.600c
清农 1 号	6.89	1.940	2.050	32.5ab	17.00b	100.0a	26.60b	26.600b
天选 15	6.53	1.530	1.580	7.5c	15.50c	100.0a	23.75b	23.750b
辉县红	6.64	4.220	4.310	20.0bc	13.25d	99.0a	51.79a	51.270a
幅 63	6.27	5.410	5.530	37.5a	13.50d	100.0a	66.49a	66.490a

注: 小写字母 a, b, c, d 表示在 0.05 水平上差异显著。Note: a、b、c、d represent significant differences at 0.05 level.

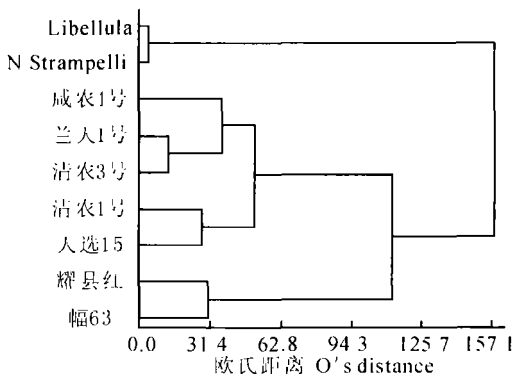

图 1　品种聚类谱系

Fig. 1　Cluster analysis of testing wheat cultivar resistance for stripe rust

2.3　判别函数的建立

根据聚类结果, 通过 DPS 对 3 类小麦品种类型作 Bayes 逐步判别分析[8], 建立了以下判别函数。

(1) 持久抗病品种类型的判别函数: $Y_1 = -0.9123 - 1.3218X_1 + 0.1283X_2$

(2) 非持久抗病性品种类型的判别函数: $Y_2 = -29.33 - 5.7344X_1 + 0.7162X_2$

(3) 高度感病品种类型的判别函数: $Y_3 = -34.2174 + 5.294X_1 + 0.4316X_2$

式中, X_1 为严重度增长率, X_2 为终期普遍率。

根据 Bayes 判别法则, 对于未知的鉴定品种, 只要根据以上所介绍的方法获得待鉴定品种的严重度增长率和终期普遍率, 然后将其代入以上 3 个判别函数式中, 比较它们的 Y 值, 哪个函数的 Y 值最大, 该品种即属于哪种类型。经回判结果发现, 本次建立的判别函数正确率 100%。

3　讨 论

本研究利用小麦成株期的抗病性组分进行了持久抗性品种的鉴定和筛选研究, 发现不同基因型材料其抗性组分最终表现及抗性在不同时期的表现差异很大, 主要体现在普遍率增长率、严重度增长率、病情指数增长率、第二次侵染机率、潜育期、终期普遍率、终期严重度、终期病情指数等方面。从育种来看, 小麦成株期的抗病性表现, 即感病反应型, 潜育期长, 低普遍率, 低严重度, 低病情指数可以提供一个选择持久抗性的标准[9 10], 本试验结果也再一次支持这个观点。

参考文献:

[1] 李继平, 金社林, 曹世勤, 等. 1996 年甘肃陇南麦区小麦条锈病发生特点及今后的防治策略[J]. 植物保护, 1998, 24(1): 22~24.

[2] 牛永春, 吴立人. 繁 6 绵阳系小麦抗条锈变异及对策[J]. 植物病理学报, 1997, 27(1): 5~8.

[3] 商鸿生. 小麦对条锈病的高温抗病性研究[J]. 中国农业科学, 1998, 31(4): 46~50.

[4] Johnson R. Genetic background of durable resistance[A]. In: Lamberti F, Waller J M, Van der Graaif N A. eds. Durable Resistance in Crops[C]. New York: Plenum Press, 1983, (5): 26.

[5] 袁文焕, 李高保. 慢条锈性品种鉴定方法初探[J]. 甘肃农业科技, 1996, (5): 28~30.

[6] 王保通, 袁文焕, 李高保, 等. 小麦品种慢条锈性因素的相关分析和聚类划分[J]. 植物保护学报, 2000, 27(1): 53~58.

[7] 马　青, 王美楠, 商鸿生, 等. 小麦慢锈性和高温抗锈性组分分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2002, 30(4): 51~54.

[8] 袁志发, 孟德顺. 多元统计分析[M]. 陕西杨凌: 天则出版社, 1998.

[9] 赖世龙, 谢水仙. 小麦持久抗性品种对中国条锈菌(系)抗病性特点的分析[J]. 植物保护学报, 2002, 29(1): 36~40.

[10] Mcintosh R A, Batiana H S, Wellings CR. Breeding for stripe rust resistance in Australia[A]. Breeding Wheat with Stripe Rust Resistance conference proceedings[C]. 2002, CIMMYT.